

2027 年度广东省量子科学战略专项指南

“广东省量子科学战略专项”的总体目标是瞄准量子科学前沿与国家重大战略需求，以量子基础科学研究为核心、量子技术应用为牵引，抢占国际科技制高点，探索“一国两制”框架下的科教创新发展模式，推动粤港澳优势资源深度融合，支撑粤港澳大湾区高水平人才高地建设，打造量子科技领域国家战略力量。

本专项依据国家及广东省相关科技发展规划设立，着力突破量子前沿科学难题与关键核心技术，鼓励和倡导原始创新，在量子物态与新量子效应、量子计算、量子精密测量与量子传感以及其他量子方向四个专题领域部署研究任务，重点支持粤港澳大湾区内高水平高校、科研机构、企业作为牵头单位，围绕单个指南方向聚焦关键研究内容与考核指标申报项目。

本次指南将项目分为重大、重点和一般三类，其中重大类项目资助强度约为 1000 万元/项，项目执行期为 5 年；重点类项目资助强度约为 200 万元/项，一般类项目资助强度不超过 50 万元/项，两类项目执行期均为 3 年。

专题一： 量子物态与新量子效应

重大项目（共 3 项）

A-1 指南名称：低维人工晶格与超导异质结的设计、构筑与多场调控

指南内容：

构建低维人工晶格/超导异质结。结合第一性原理计算、AI 及高通量计算，设计具有不同磁序与拓扑序的低维人工晶格；借助分子束外延、表面合成及针尖操控等技术，实现人工晶格的精准构筑；通过直接沉积或间接转移方法，实现人工晶格与超导衬底的近邻耦合。利用扫描隧道显微镜及输运测量等手段，研究体系中的强关联电子态及其衍生的磁序与拓扑序，考察其在电场、磁场下的响应；探讨关联强度、不同磁激发及拓扑序对超导配对的调控机制。进一步探索人工拓扑超导平台，为拓扑量子计算提供物理平台与原理支撑。

考核指标： 设计并构筑不少于 3 种具有不同磁序、拓扑序及关联强度的低维人工晶格与纳米结构；利用高分辨扫描隧道谱学（能量分辨率优于 $100\ \mu\text{eV}$ ），表征不少于 2 种人工晶格中的关联电子态及其衍生的磁序、拓扑序；构筑不少于 2 种低维人工晶格/超导异质结体系，探测其中的近邻超导现象，解析至少 1 种自旋准粒子激发与库伯对之间的相互作用；在至少 1 类体系中观测磁性诱导的 Bogoliubov 准粒子，并在原子级分辨下解析其准粒子态的实空间波函数分布特性；构建至少 1 种磁性诱导的新型拓扑超导体系，完成其关键物性的实验验证。

A-2 指南名称：二维量子材料表界面设计、原子级构筑与量子态调控

指南内容：

面向量子功能材料开发与新量子效应发现，发展机器学习力场驱动的二维量子材料设计、原子级构筑与精准表征体系。融合高通量密度泛函理论、智能结构搜索和深度神经网络势函数，构建跨尺度模拟方法，揭示二维材料吸附、扩散、成核与生长动力学机制，实现表界面结构的精准调控。针对过渡金属硫族化合物、过渡金属氮化物等体系，发展原子级可控制备与异质集成技术，构筑具有可控对称性破缺和界面耦合的新型量子材料。结合扫描隧道显微镜、低能电子衍射及极低温输运等实验，建立“理论预测—数据驱动—实验验证”闭环平台，探索激子绝缘体、二维超导、拓扑超导及马约拉纳零能模等新奇量子态，为新型量子器件与拓扑量子计算提供材料基础。

考核指标：

开发 1 套二维量子功能材料理论设计、高通量计算与数据处理平台，支持 3 组元及以上材料体系 10^3 级并发计算，建立不少于 100 万条数据的二维材料数据库。开发覆盖二维过渡金属硫族化合物、过渡金属氮化物等体系的高精度机器学习力场，形成不少于 5 类代表性表界面模型，实现上万原子、微秒级分子动力学模拟。提出不少于 3 类成核与生长机制，构建可控结构一致性成核位点，实现目标晶畴取向调控。

实验制备 3 - 4 种新型二维过渡金属硫族化合物和氮化物量子功能材料单晶，横向尺寸 $\geq 10\ \mu\text{m}$ ；实现至少 2 种过渡金属氮化物基异质结；发现激子绝缘体、二维超导、拓扑超导等新奇量子态不少于 1 种。

A-3 指南名称：强关联与拓扑量子态操控与精密测量

指南内容：

聚焦非常规超导、莫尔关联态、拓扑边界态等强关联与拓扑量子材料体系，研究局域量子态的形成、演化与调控规律。发展低温纳米尺度局域物态识别与多模态配准方法，结合近场光谱、NV 色心量子传感及其它多模式测量等技术，实现对局域复电导、介电响应、磁场等关键物理量的高空间分辨识别与定量表征。引入 AI 辅助的谱图解析和多模态数据融合方法，提升复杂局域响应图谱中量子态、缺陷态和耗散热点的识别效率与定量分析能力，建立宏观性质、平均谱学与局域响应之间的关联判据，揭示强关联、拓扑边界态、缺陷和器件损耗之间的内在联系。研制典型量子器件，获得强关联与拓扑量子态调控及器件功能退化机制的实验证据，形成面向强关联拓扑量子材料筛选、边界态调控和固态量子器件低损耗优化的方法体系。

考核指标：

构筑不少于 3 类强关联与拓扑量子材料或固态量子器件体系，包括非常规超导、莫尔关联态、拓扑边界态、电荷密度波、二维磁性/铁电材料及相关量子器件等；至少在 2

类体系中实现磁场、栅压、光场或应变等外场调控下局域态、边界态、涡旋、畴壁、缺陷态或耗散热点的可控演化与识别，空间分辨率优于 20 nm，NV 磁敏优于 $5\ \mu\text{T}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，多模态配准误差 $\leq 50\ \text{nm}$ 。研制 2 类以上、5 个以上典型量子器件或测试结构，包括拓扑边界态输运器件、二维磁性或铁电调控器件等，获得局域电流重构、边界态输运、缺陷诱导耗散或退相干来源等关键证据，完成固态量子器件损耗、退相干或功能退化机制诊断示范。

重点项目（共 4 项）

A-4 指南名称：低维非常规磁体的精密表征与量子调控

指南内容：

聚焦低维交错磁体、莫尔超晶格及范德华异质结等低维量子磁性体系。发展低维非常规磁性的理论预测方法，探索手性自旋液体等奇异物态，建立量子相变理论；融合自旋极化电子态的谱学测量与金刚石 NV 色心磁成像，实现原子尺度磁结构与微弱磁信号的极限探测。利用电流、电场、应变等多物理场，探索自旋态调控与读取，以及新型存储与计算原型器件的开发。

考核指标：

完成低维非常规磁性的理论，预测不少于 20 种材料体系。利用自旋分辨谱学手段解析不少于 3 种体系的自旋劈裂能带；利用金刚石 NV 色心实现纳米级磁成像（分辨率 < 50

nm，灵敏度 $<1 \mu\text{T}/\sqrt{\text{Hz}}$ ），探索压力调控磁性新机制。构筑基于新型磁体的存储或计算原型器件，验证电流、电场或应变对自旋态的调控。

A-5 指南名称：螺旋反铁磁体的 p 波自旋劈裂研究

指南内容：

聚焦非中心对称非共线螺旋反铁磁体中奇宇称主导的自旋劈裂（如 p 波）。通过对称性分析与第一性原理计算，筛选满足 p 波对称性的螺旋反铁磁体候选材料，确定自旋劈裂方向、能量尺度及简并节点位置，建立材料目录。利用助熔剂等方法生长大尺寸单晶，利用分子束外延制备高质量薄膜，满足谱学对宏观单畴和输运对原子级平整界面的要求。采用自旋一角分辨光电子能谱直接探测公度与非公度螺旋反铁磁体的动量空间自旋织构。构筑基于 p 波磁体/多铁和 p 波磁体/超导异质结，探究 p 波磁性与铁电性和超导现象之间的耦合，为可调控拓扑量子器件奠定材料基础。

考核指标：

完成不少于 50 种螺旋反铁磁体的对称性分析与第一性原理计算，建立含自旋劈裂方向、能量尺度、简并节点坐标等的 p 波磁体材料目录；筛选不少于 8 种候选材料，提供自旋分辨角分辨光电子能谱和输运测量指引。成功生长不少于 4 种 p 波磁体大尺寸单晶，利用分子束外延制备不少于 2 种单晶薄膜，获得至少 2 种薄膜的磁畴成像数据。在至少 2 种非公度螺旋反铁磁体中观测到上下反号的自旋极化结构；

力争在至少 1 种非公度螺旋反铁磁体中发现非公度调制的 p 波自旋纹理。制备不少于 2 种基于 p 波磁体的单晶纳米薄膜；构建不少于 1 种 p 波磁体/铁电体异质结。

A-6 指南名称： 镍氧化物高温超导薄膜的外延调控与谱学研究

指南内容：

本项目以高质量 RP 相镍基超导薄膜的制备与电子态调控为核心，发展强氧化条件下的原子逐层外延生长技术，结合系列化单晶衬底和原子级缓冲层设计，实现外延薄膜晶格参数的连续调控。通过衬底选择、外延应变、氧缺陷调控及载流子掺杂构建不同参量样品库，制备常压 $La_3Ni_2O_7$ 等镍基超导薄膜。利用扫描隧道显微镜和角分辨光电子能谱等手段，原位测量超导能隙、费米面拓扑及能带结构，系统研究外延应变、层间耦合、氧八面体旋转、界面缓冲层及氧缺陷对超导电性和量子相变的协同调控机制，建立常压镍基超导相图，形成晶格工程调控量子薄膜材料物性的技术能力，为揭示高温超导机理和实现超导性能提升提供实验依据。

考核指标：

利用强氧化原子逐层外延技术和连续应变调控衬底体系，制备高质量 $La_3Ni_2O_7$ 等 RP 相镍基超导薄膜，实现 3% 范围内连续应变调控；常压下超导起始转变温度 ≥ 45 K。利用扫描隧道显微镜获得原子分辨图像，超导能隙测量分辨率优于 0.3 meV，明确能隙均匀性与各向异性；利用角分辨

光电子能谱完整表征费米面拓扑与能带结构，确定超导能隙大小及其动量空间依赖关系。完成不少于 4 个应变点样品制备与表征，建立应变—电子结构—超导性能关联规律及常压镍基超导相图，阐明氧缺陷、界面应力和载流子掺杂对超导电性的调控机制。

A-7 指南名称：高温超导体中的量子态与量子相变

指南内容：

围绕高温超导体中的非常规超导量子态及其量子相变机制，发展亚原子尺度扫描约瑟夫森隧穿显微镜、极低温强磁场量子输运及微纳加工调控技术，系统研究高温超导体中的电子配对与能隙对称性，实现配对密度波等电子有序态探测并揭示其与高温超导态之间的关联；构筑不同无序强度下的高温超导体系，研究超导-金属/绝缘体量子相变中的量子格里菲斯奇异性、玻色金属态、涡旋动力学和耗散机制。通过实空间局域谱学探测与宏观量子输运测量相结合，揭示高温超导体中非常规电子配对、电子关联和量子临界行为的内在联系，为理解高温超导机理和发展新型量子器件提供实验基础。

考核指标：

制备至少 3 种高温超导体系，实现至少 2 种电子有序态的实空间探测；建立亚原子尺度扫描约瑟夫森隧穿显微镜测量实验技术，实现至少 2 种高温超导体系临界电流的亚原子空间分辨率探测，获得电子配对和能隙对称性实验证据；

构筑不少于 2 种可调控高温超导体系，在至少 1 种高温超导体系中提取动力学临界指数等关键参数，实现量子格里菲斯奇异性等量子临界行为探测，并系统获得磁场、无序与耗散调控下的量子相变相图，形成高温超导量子态与量子相变的物理图像。

一般项目

面向新型量子材料与高温超导机理研究，本方向聚焦低维磁性、非常规超导及拓扑量子态的关键科学问题。重点开展二维磁性薄膜与拓扑超导异质结构、磁性拓扑缺陷及超导涡旋等调控手段研究，探索镍基、铜基及铁基高温超导体的界面增强效应与常压薄膜器件制备，并结合高压、掺杂与氧含量等热力学条件，系统构筑低温相图并揭示自旋密度波序及磁涨落的调控机制。同时，依托二维材料、范德华及手性磁体等体系，利用外场与莫尔超晶格工程，研究自旋涨落对量子自旋液体及阻挫磁性的影响，为拓扑超导和新型量子态设计提供基础支撑。

专题二：量子计算

重大项目（共 6 项）

B-1 指南名称：基于中性原子和光腔的量子计算研究

指南内容：

围绕中性原子量子计算对测量、控制的关键技术需求，以及不同原子路线的特点，构建高协同度原子-光腔量子测量与反馈控制平台，以及数字一模拟混合量子计算统一工具箱。重点突破微型高品质因子光学腔与光镊阵列在超高真空环境下的稳定集成，以及稀土镧系原子等新路线在里德堡态等方面的量子计算调控能力；发展光镊阵列装载、重排、输运与腔模耦合技术，并通过腔透射谱、正常模劈裂、相位响应等完成耦合标定；利用腔增强信号发展快速、低扰动、高保真的量子态读出方案，并建立可分离制备、测量、损失和泄漏误差的标定方法；发展基于 FPGA 或高速采集卡的实时信号识别与闭环反馈控制，在二十个以上腔耦合原子基础上开展重复测量、条件反馈初始化、原子损失/泄漏探测和小规模校验信号读取等原型验证实验。

考核指标：

建成中性原子光镊阵列与高协同度 FP 光腔一体化原型系统，具备稳定冷原子装载、单原子成像、光镊重排、腔长长期锁定和腔-原子位置标定能力；实现单原子与腔模强耦合，单原子协同度达百量级；观测到单原子正常模劈裂、腔透射或相位响应；实现不少于 20 个单原子与腔模确定性耦合，完成耦合强度映射、集体增强信号测量和可重复装载/

读出流程；单量子比特 SPAM 总误差达 10^{-3} 量级；形成可分离制备、测量、损失和泄漏贡献的误差标定方法。

B-2 指南名称：拓扑量子比特构筑

研究内容：

面向拓扑量子计算，构筑并表征基于量子反常霍尔效应、半导体纳米线等材料与超导体的各种复合拓扑超导器件；结合各种定域、非定域输运实验实现对拓扑超导相和马约拉纳模式的直接、无歧义探测；设计并构筑拓扑量子比特器件，发展拓扑量子比特读取、操控技术，实现对拓扑量子比特基本拓扑特征的表征；探索新的拓扑量子计算实现体系和方案。

考核指标：

制备出在多个端点具有马约拉纳零能模特征的器件；通过马约拉纳零能模之间的相互关联和隐形传态等实验证据确认马约拉纳零能模的存在；实现在低温、强磁场环境下对宇称信号读取；制备出拓扑量子比特器件并实现对拓扑量子比特的读取和性质表征。

B-3 指南名称：混合体系量子计算的可扩展系统互连

指南内容：

聚焦混合体系大规模量子计算系统的混合扩展、规模化集成和高保真测控需求，研制多制冷机跨量子体系的超低温测控芯片技术及芯片化测控系统。包括探究超导、量子点量子比特高保真测控的理论模型和保真度制约机理，发展单一

体系比特测控芯片的保真度及能效提升技术，研发超低温高集成度量子比特测控芯片；解析混合体系量子计算的联合高保真测控和可扩展测控的核心问题，实现支持超导、量子点跨体系高保真联合测控的超低温芯片组；突破跨制冷机跨量子体系的芯片化测控系统的扩展瓶颈，构建支持多比特跨制冷机、跨量子体系扩展的测控芯片技术体系。

考核指标：

研发超导、量子点单一量子体系超低温测控芯片 ≥ 2 类，超导体系单比特门平均保真度达到 99.9%，量子点体系单比特门平均保真度达到 99%；研发混合体系联合测控芯片组，单组测控芯片支持量子比特类型 ≥ 2 类，支持量子比特数目 ≥ 16 个，单类量子比特 ≥ 5 个；研发单一制冷机内测控芯片组的高效协同互联技术，单制冷机协同互联测控芯片组 ≥ 6 组，支持测控量子比特数 ≥ 96 个；研发跨制冷机高速互联互通和协同测控技术，跨制冷机台数 ≥ 2 台，跨制冷机协同测控比特类型 ≥ 2 类。

B-4 指南名称：高密度集成超导量子比特与可扩展量子处理器关键技术

指南内容：

面向大规模超导量子计算对高集成度量子芯片的需求，研究微型超导量子比特设计、高密度二维网格量子处理器架构、高密度控制读出与封装集成技术，以及高保真并行量子

操作与误差抑制方法，突破量子比特微型化、集成化过程中寄生耦合、串扰误差和高密度互连等关键技术瓶颈，构建高密度可扩展超导量子处理器，在实现单位芯片面积量子比特数量显著提升的同时保障高精度并行量子操作能力，并开展大规模随机电路采样和低温片上集成量子操作实验验证。

考核指标：

研制高密度集成微型超导量子比特及二维网格量子处理器原型。实现量子比特中心间距不大于 0.6 mm，量子比特面密度达到 200 比特/cm² 以上，单位面积量子比特集成度较现有主流超导量子处理器提升 10 倍以上。支持单芯片集成量子比特数量不少于 50 个，相临比特间的微波串扰小于 40dB，ZZ 寄生耦合小于 20 kHz；单比特门平均保真度达到 99.9%以上，双比特门平均保真度达到 99%以上，读出保真度达到 99%以上；支持完成 50 比特以上随机电路采样(RCS)实验验证，实现深度不少于 40 层的随机量子线路执行；研制 1 台 50 比特以上级或高密度低温片上集成超导量子处理器原型样机，并形成支持百比特以上可扩展超导量子处理器扩展的设计与集成能力。

B-5 指南名称：基于固态量子体系的其它量子计算方法

指南内容：

面向固态量子体系的新型量子计算方法研究，发展固态色心与自旋—光子等技术，推动固态量子器件的小型化与可扩展性。在固态自旋体系方面，发展色心定点生成与晶圆级

制备技术，构建高性能微腔并借助压电应力实现可调谐自旋—光子接口，完成高保真操控与精确读出，系统研究多比特退相干机制及噪声抑制，实现可扩展的多比特固态自旋量子芯片。在量子光学平台层面，构建自旋光子界面机制，在源端直接产生稳健的一维多光子纠缠；研发多光子态高维融合技术，制备簇态与图态等通用量子计算资源；最终建立从单光子生成、自旋控制到顺序发射的完整流程，通过多光子干涉系统表征量子态性能。

考核指标：

建立固态自旋量子节点晶圆级制备方法，同一光子腔可同时耦合不少于 3 个单色心。完成微环腔与量子发射体混合集成回路，腔品质因子 $Q \geq 1 \times 10^5$ ，实现单光子辐射寿命调制倍数 >5 、 $g^2(0) < 0.05$ 、亮度开关比 ≥ 20 dB。态制备保真度不低于 95%。实现色心共振跃迁线电学调谐范围 ≥ 50 GHz，构建单个色心片上电读出通道，形成可验证的固态自旋量子芯片。完成三比特量子纠错算法演示。实现具有确定性电荷控制的量子光源，单光子不可区分度约 95%；实现高性能光学微腔，Purcell 增强约为 10，单光子产生速率 ≥ 2 GHz；单光子收集效率 $\geq 50\%$ ，连续 12 个光子的探测率 ≥ 10 kHz；实现不可区分光子的快速生成和融合，一维簇态和 GHZ 态的纠缠长度 ≥ 20 光子，二维多光子纠缠态 ≥ 20 光子。

B-6 指南名称：面向多芯片协同的微波—光量子接口研究

指南内容：

围绕微波-光量子转换器件的设计与验证展开：（1）通过优化框架协同设计微波谐振腔与光学腔的几何参数与耦合构型，采用氮化钛等超导材料及改进型叉指电容结构提升微波性能，同时探索片上与片外两种法布里-珀罗光学腔方案以优化精细度；（2）构建温度不高于 15 mK 的低温测试平台，完善光学与电学双链路表征手段，实现转换效率、噪声及带宽等核心指标的精确测量；（3）建立双芯片协同实验体系，利用 $^{171}\text{Yb}^{3+}$ 的固有能级特性克服频率失配，完成两芯片接口间的量子态互联与相干性验证。

考核指标：

器件指标：叉指线宽关键尺寸控制在目标值 $\pm 3\%$ ，晶圆频率差异 ≤ 100 MHz；微波腔中的热光子数 ≤ 2 ，微波腔本征品质因子优于 1000；光学腔增强因子 ≥ 1.5 。测控系统：激光稳频控制在 10 kHz 以内；高精度 PF 腔的线宽控制在 2 MHz 以内；可实现 140 dB 的泵浦光消除。系统指标：单接口转换效率 $\geq 1.5\%$ ，附加噪声 ≤ 3 ；演示 2 接口相位相干互联，干涉包络衰减时间 > 100 μs 。

重点项目（共 2 项）

B-7 指南名称：强非局域量子多体模型在几何可重构量子计算中的模拟

指南内容：

为发展量子计算平台的模拟性能，本研究拟面向以中性

原子为主的具有几何可重构编程性能的量子计算平台，研究强非局域量子多体模型的模拟算法与验证方法。重点围绕 Sachdev-Ye-Kitaev (SYK) 模型及其稀疏、几何分层、块随机等 SYK-like 变体，发展适合动态连接、几何重排和长程门操作的费米子—量子比特映射、变分量子算法、实时动力学模拟和量子混沌诊断方法。建立“模型中的多体相互作用—比特几何排布—线路复杂度—实验误差代价”之间的定量关系，探索在保持量子混沌、非费米液体、全息低能有效行为等核心物理特征的同时显著降低量子模拟资源开销的协同设计准则，形成面向近期量子硬件验证的强非局域模型模拟方案。

考核指标：

形成强非局域量子多体模型几何可重构模拟的理论框架、资源评估方法以及对中性原子量子计算平台量子算法研究的指导：完成不少于 2 类 SYK-like 模型的构造与物理性质标定，给出谱统计、OTOC、纠缠结构、低能有效行为等诊断结果；提出不少于 2 种面向可重构量子平台的量子线路或变分算法方案，并与固定几何编译方案进行线路深度、门数、移动代价和噪声鲁棒性比较；形成可在近期量子硬件上验证的小规模演示协议；形成开源数值程序或算法验证工具不少于 1 套，提出可供后续实验合作使用的量子模拟基准任务。

B-8 指南名称：含噪声复杂量子体系的高精度操控

指南内容：

围绕量子计算比特架构的控制层，发展适用于复杂含噪量子体系的操控方法与技术。针对当前量子计算平台在噪声、扩展性、复杂性方面的共性挑战，通过量子控制理论创新，提出高效、通用、高精度的控制优化与设计的新原理、新方案。重点研究量子信息处理中的噪声随机编译与表征、多比特动力学去耦、几何优化鲁棒控制、可扩展并行纠缠门、量子线路串扰抑制、稀疏机器学习量子优化等核心控制问题，形成面向可扩展量子计算的关键控制技术储备。依托典型量子计算平台，开展实验验证与应用测试。

考核指标：

提出两种新的量子控制方法：连续么正设计量子控制、稀疏学习量子控制；构建基于连续么正设计的鲁棒量子门操控方案，具备对任意静态噪声的一阶鲁棒性；构建基于连续么正设计的动力学去耦序列，能解决有限脉宽问题，抵抗静态噪声和脉冲不准误差，且抑制多比特串扰；结合至少 2 种量子计算体系进行新方法、新技术的实验检验。

一般项目

包括但不限于：面向大规模容错量子计算需求，重点突破低资源开销量子纠错编码与高效译码算法，发展物理感知的量子架构搜索理论，揭示硬件拓扑与噪声对线路性能的影响。面向 NISQ 时代，研究混合量子—经典并行强化学习及算法空间蒸馏方法，以应对图优化等场景中比特数与深度瓶颈。探索量子人工智能在强耦合优化及图像处理中的核心算

法，研制生成式人工智能混合光计算样机，并在高噪声识别、超声图像处理等场景验证。同时，发展分布式量子算法及面向多体系统的大规模模型降阶理论，支撑量子—经典融合计算的实际应用。

专题三： 量子精密测量和量子传感

重大项目（共 2 项）

C-1 指南名称：面向量子精密光谱的高重复频率真空紫外相干光源关键技术研究

指南内容：

面向核钟、冷原子/离子、分子及量子材料精密光谱对短波相干辐射的迫切需求，发展高重复频率真空紫外相干光源关键技术。重点研究高稳定飞秒驱动源与多通腔压缩、气体填充空芯光纤/毛细管中色散波相位匹配、四波混频真空紫外产生、光梳相干传递、频率标定、光谱诊断、真空束线传输和样机集成。突破 120 - 200 nm 波段在重复频率、相干性、可调谐性、频率可追溯、光束质量和长期稳定运行方面的瓶颈，建立从非线性产生、短波传输、在线诊断到应用验证的完整技术链，形成可服务典型量子精密光谱实验的真空紫外相干光源原理样机，为核钟、冷原子/离子精密测量、分子高分辨光谱、量子材料能级结构探测和短波量子态操控提供核心光源支撑。

考核指标：

实现 120 - 200 nm 真空紫外相干光输出，重复频率 ≥ 100 kHz；典型目标波长平均功率 ≥ 0.1 mW，功率稳定性 $\leq 2\%$ RMS @ 2 h，光束指向稳定性 ≤ 20 μ rad @ 2 h；完成光梳相干传递和频率可追溯验证，目标波段频率标定不确定度 ≤ 100 MHz；建立真空紫外光谱、功率、相干性诊断及束线传输模块，完成不少于 1 类原子、分子、离子或量子材料精

密光谱验证，形成原理样机、自主核心模块、测试报告、运行规范和相关知识产权，关键部件具备自主可控和后续迭代能力。

C-2 指南名称： 单芯片集成金刚石 NV 色心高灵敏量子磁传感器技术研究

指南内容：

开发 MPCVD 低应力外延与 N₂ 精确掺杂技术，优化生长参数以提升氮均匀性；通过多阶段高真空退火提高 N → NV- 转化效率，消除顺磁杂质以延长相干时间；实现 NV 色心的高比例同向排列，采用氧/氟终止以抑制表面噪声。设计折射率渐变层或超表面破坏全反射，拓宽荧光提取角；采用异质微透镜阵列贴合代替金刚石深加工，发展压印/直写技术；集成锥形光纤或渐变折射率透镜优化模场匹配，实现激发光高效注入与荧光高比例收集。设计 PCB/MEMS 平面微波结构，低功率产生均匀强微波场；垂直堆叠 LD、金刚石薄膜、微透镜和探测器，减小寄生参数；多场联合仿真优化散热，抑制温度漂移，确保室温长期稳定运行。

考核指标：

外延基底氮杂质浓度 <5 ppb，表面粗糙度 Ra <1 nm；传感区 NV-色心密度可控在 10¹⁵~10¹⁷ cm⁻³，NV-占比 ≥ 80%，原位转化效率 ≥ 30%；NV-色心室温相干时间 T₂ ≥ 300 μs；近表面 NV-电荷态稳定性 ≥ 85%，单晶金刚石 ≥ 2 英寸。集成微光学结构后荧光综合收集效率 ≥ 30%；光纤

与金刚石三维对准偏差 $\leq 5 \mu\text{m}$, 激发光注入效率 $\geq 30\%$ 。
驱动磁场 $B_1 \geq 0.5\text{Gs}$, 连续驱动功率 $\leq 30 \text{ dBm}$, 模组灵敏度 $\leq 50 \text{ pT}/\sqrt{\text{Hz}}$, 磁场量程 $\geq 5000 \text{ nT}$, 磁场响应带宽 $\geq 1 \text{ kHz}$; 集成芯片物理体积 $\leq 1 \text{ cm}^3$, 磁场灵敏度 $\leq 1 \text{ nT}/\sqrt{\text{Hz}}$, 多轴交叉耦合 $\leq 1\%$ 。

重点项目（共 3 项）

C-3 指南名称：结合量子弱值放大和非厄密奇异点增强的高灵敏水下声传感研究

指南内容：

为实现水下微弱声信号高灵敏检测，针对传统水听器灵敏度不足、弱信号易受噪声干扰、量子增强方式单一等问题，本项目开展量子弱值放大与非厄密奇异点增强协同水声传感技术研究。利用量子弱值放大提升系统对微弱信号的灵敏响应，再利用非厄密奇异点增强的非线性特性放大目标信号与环境噪声的差异，最终达成微弱信号的高灵敏和高信噪比感知。通过将非厄密奇异点增强、量子弱值放大与传统水听器集成融合，保障系统在水下复杂环境中稳定运行。项目预期实现水下声传感灵敏度较传统水听器提升 30 倍以上，为海洋防务、水下目标精准监测提供新型高灵敏量子传感与精密测量技术支撑，推动量子技术与传统传感技术融合，助力构建新一代海洋探测基础装备。

考核指标：

厘清量子弱值放大与非厄密奇异点增强系统耦合、灵敏

度和信噪比提高的内在机理，形成完整的双机制协同量子水声传感理论支撑体系。搭建一套基于量子弱值放大与非厄密奇异点协同增强的水声传感系统，工作带宽覆盖 1 kHz~10 kHz；相较传统光纤水听器，系统灵敏度提升 ≥ 30 倍，最小探测压力 $< 2 \text{ mPa} \sqrt{\text{Hz}}$ ；实现奇异点精准稳控与弱值放大偏振工作点稳定输出，完成双机制协同耦合与信噪分离功能验证。

C-4 指南名称：基于原子-电子-光子多体耦合的亚 ppm 级量子氢气传感关键问题研究

指南内容：

本项目围绕量子氢气传感核心科学技术问题，以原子—电子—光子多体量子耦合与光生热电子量子隧穿调控为核心机理，开展系统性研究。揭示氢浓度对金属—半导体界面偶极层、热电子隧穿行为的量子调制规律，构建完备量子传感理论体系；探究氢分子解离、界面迁移的动力学过程，通过表界面调控提升传感速度与选择性；攻克催化—传感—探测光电融合单片集成关键技术，制备室温、零偏、高灵敏量子氢气传感芯片。最终完成芯片性能表征与应用验证，形成自主可控的量子氢气传感核心技术，为广东氢能产业安全监测提供底层支撑。

考核指标：

阐明原子—电子—光子量子耦合微观机制，建立光生载流子量子隧穿调控精密测量理论模型，形成完整科学体系。

制备量子氢气传感芯片，实现室温、零偏工作；检测下限 ≤ 300 ppb；响应时间 ≤ 10 s (@100 ppm)；对 CH_4 、 CO 、 CO_2 等干扰气体选择性 $\geq 100:1$ ；在至少一个应用场景进行应用验证。

C-5 指南名称：基于超构透镜高分辨离子成像的微弱力传感研究

指南内容：

基于 Paul 阱少离子囚禁技术，实现离子的长期稳定囚禁，利用多普勒及边带冷却技术，将离子冷却到 Lamb - Dicke 区甚至离子振动基态。将超构透镜集成到离子囚禁系统中，实现离子的高分辨甚至超分辨成像，将成像分辨率和弱力测量联系起来，最终实现弱力高精度测量。基于离子谐振子，在囚禁场中引入调制场，实现离子运动的参数调制，结合参数调制中的非线性项，通过量子参数压缩效应，实现弱力测量精度的进一步提高。

考核指标：

实现少离子稳定囚禁及温度评估，冷却后的囚禁离子进入 Lamb - Dicke 区，温度达到 mK 量级。将超构透镜集成到离子囚禁系统中，实现离子的高分辨荧光成像，离子实时成像分辨率优于 300 nm，通过离子位置标定，位置标定的极限精度达到 nm 量级。利用离子位移—弱场—弱力传感效应，结合量子参数压缩效应，实现微弱力高精度测量，测量精度达到 10^{-21} N/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 量级。

一般项目

鼓励围绕量子精密测量与量子传感的前沿科学问题与关键技术突破：开展碱金属原子高激发态幻零波长的精密测量研究，通过原子结构精确计算与动力学极化率系统分析，揭示幻零波长在长基线光学干涉中的量子增强测量潜力；发展面向高分辨深空探测的长基线量子增强单光子干涉技术，依托离子阱与量子点路径纠缠单光子源，研究复相干函数在量子辅助成像中的调控机制，突破暗弱星体探测中高分辨图像重建的灵敏度与噪声抑制瓶颈；开展面向碱金属原子的窄线宽激光器异质外延集成研究，支撑高稳定度集成原子钟的芯片化发展；推进亚纳米尺度下等离激元-激子耦合的精密测量与调控，利用二维量子材料纳米腔结构，深入探索纳米尺度强光-物质相互作用物理本质，发展近场光谱辅助的亚纳米精密测量新方法，为量子传感系统的高灵敏度、高空间分辨率及空间适应性提供物理基础与技术储备等。

专题四： 其他

重大项目（共 6 项）

D-1 指南名称：原子层沉积与综合物性测量联用系统开发及应用

指南内容：

研制超高真空模块化的原子层沉积腔室，实现与多种物性测量模块的原位快速切换与一体化集成；开发生长- 表征协同的智能反馈控制系统，实现材料参数与物性参数的实时监测与闭环优化；面向铁性氧化物、超导薄膜等体系，在纳米/原子尺度实现界面与异质结的精准构筑，研究界面耦合对铁电/磁及超导序参量的调控机制，建立极限尺寸下材料的结构、缺陷与量子相干性之间的关联规律，揭示其尺寸效应与磁- 电耦合机理；实现二维铁电半导体异质结及场效应器件的原位制备与封装，研究铁电极化场对载流子输运、激子发光等宏观物性的非易失性调控机制，探索其在低功耗、可重构量子器件中的应用。

考核指标：

自主开发国际领先的“原子层沉积与综合物性测量原位联用系统”，完成原子层沉积与综合物性测量系统的搭建，腔体真空达到 10^{-5} Pa 以上，加热温度能达到 800℃ 以上，实现铁性、超导、二维半导体等至少 3 类量子材料的制备；至少关联电输运、电导、铁电极化等多种物性测量；最终在原子尺度揭示超导/绝缘、铁电/半导体等界面的结构-性能关联规律，实现二维铁电半导体异质结及场效应器件的原位

制备与物性测量，在国际具有重要影响力的学术期刊发表论文 10—20 篇，申请国家发明专利 2 项以上。

D-2 指南名称：阻挫晶格中的新型自旋量子物态及在极低温制冷中的应用

研究内容：

聚焦于三角、笼目等低维自旋阻挫晶格体系中可能存在的自旋液体相、隐藏序等量子自旋物态，揭示几何阻挫与量子涨落共同作用下新型磁性量子态的形成机制与调控规律。实验上，依托高分辨非弹中子散射，观测阻挫晶格中自旋激发谱，如笼目自旋晶格中的自旋平带、van Hove 奇点，以及高对称点附近的 Dirac 型线性色散等。理论上，构建与实验能谱定量吻合的微观哈密顿量模型，刻画自旋晶格中的交换相互作用参数，完成与实验的闭环验证。在应用上，突破大尺寸高质量单晶的可控生长技术，为后续器件化集成提供可靠的材料候选。

考核指标：

建立统一的实验和理论框架，确立精确哈密顿量模型，给出能复现实验观测核心的相互作用参数（如近邻交换作用，非对称 DM 交换作用等）；获得结构稳定、热导率优异的高质量磁性晶体，单晶质量不低于 5 克，几何尺寸不小于 1 厘米，10 K 热导率不小于 $10 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ，1K 热导率不小于 $1 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ；研制基于新型量子磁性材料的实用型绝热去磁制冷器

件，在不依赖氦三同位素的前提下，实现低于 100 mK 的最低制冷温度，并确保在 1.8 K 温区的保温时长不少于 10 小时。

D-3 指南名称：应用于量子计算网络的新型稀土掺杂晶体智能生长

指南内容：

面向量子计算网络化对微波—光量子高效转换的核心需求，聚焦稀土掺杂晶体，开展 AI 驱动的高通量掺杂方案筛选与逆向设计，融合晶体图卷积神经网络与多目标进化算法构建高保真代理模型，发展条件生成模型实现从目标性能到掺杂方案的逆向产出。构建自动化称重—研磨—压片—单晶生长闭环实验平台，实现全流程标准化操作与工艺参数自动入库。系统研究掺杂浓度空间均匀性（RSD）对光学/自旋非均匀展宽的影响规律，建立“浓度—RSD—线宽”定量关联。建设“AI 预测→自动化实验→性能标定→数据反馈”全链条闭环平台，完成新型晶体体系的全链条验证，推动量子转换材料研发范式升级。

考核指标：

生长不少于 5 种基质晶体，直径 ≥ 5 mm、长度 ≥ 10 mm，掺杂浓度空间均匀性 $RSD \leq 5\%$ ，非稀土杂质总含量 ≤ 10 ppm；建立不少于 20 组“浓度—RSD—线宽”定量关联数据，

从不少于 5 种基质中筛选并验证 ≥ 3 种高性能掺杂组合，光学非均匀展宽 ≤ 150 MHz，自旋非均匀展宽 ≤ 300 kHz，有效二阶非线性系数 $\chi^{(2)}_{\text{eff}} \geq 5 \times 10^7$ pm/V；发布 AI 辅助设计软件原型 1 套，代理模型预测精度 $R^2 \geq 0.85$ ；建成面向稀土掺杂晶体的自动化称重—研磨—压片—单晶生长闭环实验平台，可执行度 $\geq 90\%$ ，完成至少 2 种新型晶体体系的全链条闭环验证。

D-4 指南名称：超构表面多维量子芯片与高维光量子态广义测量

指南内容：

围绕超构表面与量子光学结合，开展系统的理论、架构、工艺与表征研究，在理论层面，建立超构表面调控多维光场与量子态变换的统一物理模型，引入希尔伯特-施密特内积描述量子干涉条件，并构建“超构表面量子图”框架，实现从目标量子态到结构参数的反向设计；在器件层面，提出单片集成芯片方案，通过各向异性纳米结构阵列将量子态制备、多光子干涉与并行投影测量三大功能压缩至毫米尺度，并结合穆勒矩阵偏振仪与双光子符合计数评测 Hong- Ou- Mandel 干涉可见度。针对偏振、路径、轨道角动量等自由度测量维度高、配置多、传统分立测量系统复杂等问题，研究集成广义测量功能的超构表面芯片。建立目标 POVM 测量算符与多通道散射响应的映射及逆设计方法，构建可选址测量功能阵列，实现对高维光量子态、双光子纠缠态

及典型光量子模块的高效测量与表征。

考核指标：

基于超构表面，提供两阶和四阶两类量子芯片，研制不少于 2 款阵列化超构表面测量功能芯片，覆盖偏振、路径、轨道角动量中不少于 2 类自由度。设计上实现 6 至 16 个并行衍射级次的琼斯矩阵编码，偏振对比度 ≥ 0.95 。量子干涉性能上，双光子 HOM 可见度实验达 65%，实现两光子纠缠保真度 $>90\%$ 、四端口干涉可见度 $>85\%$ ，理论与实验符合保真度 $>99.9\%$ 。毫米尺度内实现 46 个低串扰通道，仿真可见度 $>95\%$ 。完成两类器件全流程验证，证明其可替代传统 Hadamard 干涉仪，并集成量子态制备、HOM 干涉及多端口关联测量功能。以常规量子态层析获得的参考密度矩阵为基准，完成 $d \geq 4$ 高维光量子态芯片化测量与密度矩阵重构验证，典型态重构保真度不低于 0.95；完成标准双光子纠缠态的芯片化测量与密度矩阵重构验证，测量重构保真度不低于 0.90。完成不少于 2 类典型光量子模块表征，测量配置数较传统串行层析减少不低于 50%。

D-5 指南名称：集成光子-声子混合量子芯片与片上高维纠缠光子态重构

指南内容：

围绕量子光源芯片化、可编程化和高维调控需求，开展基于高 Q 微腔的纠缠光子产生与声光动态重构研究，拟解

决声子-量子发射体在芯片尺度上的强耦合与量子态相干转换机制，以及二维材料中光-声-激子多体相互作用调控等关键科学问题。技术上，利用非线性材料及光学微腔的高 Q 场增强与低损耗约束，实现通信波段纠缠光子对的片上产生，并重点发展表面声波驱动的纠缠态频率通道、空间模式和传播方向调控技术；揭示声波提供能量与动量补偿时纠缠光子在不同模式与通道间的相干转换机制，实现纠缠态幅度、相位、模式组成及输出端口的可编程重构。攻克高 Q 值声子腔与光子结构的低损耗异质集成、强耦合条件下的虚光子/虚声子探测与操控，以及可扩展混合芯片的制备工艺与测控方法等关键技术难题。

考核指标：

建立光-声-量子耦合-耗散理论，揭示 SAW 调控量子相干性的物理机制。研制 ≥ 3 种声光路由单元（可调分束器、光路由、微环滤波器）。波导损耗 < 0.5 dB/cm；路由切换 < 1 ns、消光比 > 15 dB；分束比连续可调；滤波调谐 > 1 nm；单光子额外插入损耗 < 3 dB，加入器件后相对自由空间光的 HOM 干涉曲线可见度下降 $< 10\%$ 。设计 GHz 聚焦及宽带 SAW 器件，SAW 腔模 $Q \geq 5 \times 10^3$ ，集成 ≥ 3 种量子发射体（色心、二维材料等），低温下 $g^2(0) \leq 0.1$ 、HOM $\geq 80\%$ ；ZPL 发射率提升 ≥ 1.5 倍，退相干率降低 ≥ 3 倍。制备集成 SPDC 微腔、叉指换能器及滤波/解复用的声光量子光源芯片，核心区 $< 1 \times 1$ mm²。C 波段非线性微腔 $Q \geq 1 \times 10^6$ ，实现泵浦、信

号、闲频光多共振匹配。片上纠缠光子对：CAR $\geq 10^3$ 下符合率 ≥ 1 MHz，未调制双光子干涉可见度 $\geq 90\%$ 。SAW 驱动频率转换：声光调制频率 ≥ 1 GHz，效率 $\geq 20\%$ ，纠缠保真度 ≥ 0.85 。实现 ≥ 4 维频率一模式纠缠态重构，可重构态 ≥ 4 种，保真度 ≥ 0.80 。行波 SAW 非互易纠缠路由：正反向转换效率差 ≥ 20 dB，纠缠保真度 ≥ 0.80 。

D-6 指南名称：量子级联涡旋光源体系研究

指南内容：

研制电泵浦、单片集成的光子轨道角动量量子级联激光器；依托半导体量子阱能带结构与子带间量子跃迁效应，探究载流子输运动态过程，挖掘量子级联激光器中光子轨道角动量产生与调控机理，剖析量子效应与涡旋光场生成的耦合关联。突破常规激光模式限制，实现高纯度量子化涡旋光束输出。优化单片集成架构与电泵浦激励方式，厘清量子作用规律对激光器件性能的影响逻辑，为量子信息编码、量子精密探测等前沿技术，提供中红外到太赫兹波段的量子光源，夯实量子应用领域的器件研发根基。

考核指标：

阐明量子级联激光器中光子轨道角动量调控机制，实现电泵浦、单片集成量子级联激光器件的稳定激射，涡旋量子模式纯度 $\geq 80\%$ 。激光波长位于大气通信窗口： $8\text{ }\mu\text{m} \leq \lambda \leq 10\text{ }\mu\text{m}$ ，室温输出激光功率 $\geq 200\text{ mW}$ ，阈值电流密度 $\leq 2.5\text{ kA/cm}^2$ 。实现至少 3 种不同拓扑荷的量子化涡旋光束。

重点项目（共 4 项）

D-7 指南名称：分子量子体系的室温自旋调控与自旋电子器件

指南内容：

面向室温分子量子体系，发挥分子材料结构可调的本征优势，按维度化逻辑贯通材料设计、机理阐释与器件验证。在零维层面，调控开壳自由基对的自旋态演化及多场耦合下的化学反应量子选择性，并研制高相干、高全同性的室温胶体量子点单光子源；在二维层面，设计层状共轭聚合物，利用大 π 共轭与 π -d 耦合构建低功耗、电可控的室温自旋输运与磁功能通道；在三维层面，发展薄膜原位还原与堆积调控策略，构筑室温长程铁磁有序有机半导体，并利用其自旋源与输运双重特性研制全有机自旋阀与自旋场效应晶体管。最终阐明各维度自旋产生、输运与存储的微观机理，形成可在室温工作、可化学定制的分量子材料器件技术体系。

考核指标：

零维：建室温自由基对自旋相干模型（拟合度 $\geq 90\%$ ）；多场耦合下反应选择性较传统提升 $\geq 30\%$ ；高熵胶体钙钛矿单光子源，室温亮度 10^5 counts/s、纯度 $>98\%$ 、全同性 $>65\%$ ，演示单光子量子密钥分发。二维：接近室温长自旋弛豫（ T_1 毫秒量级）、铁磁—反铁磁可切换（ $J > 0$ / $J < 0$ ）的层状分子材料各 1~2 类；微纳平台实现低功耗（约 $20 \sim 200 \mu\text{W}$ ）、

电调控 ($<1.5\text{ V}$) 的自旋器件。三维：构筑 ≥ 2 类室温有机铁磁半导体新体系，饱和磁化强度 $\geq 15\text{ emu/g}$ 、居里温度高于室温且兼具半导体输运，确证有机本征磁性；全有机自旋阀/自旋场效应晶体管室温磁电阻 $\geq 1\%$ (争取 10% 量级)，自旋存储/传感验证。

D-8 指南名称：规模化构筑原子级精度量子点阵列长程相干光源

指南内容：

面向量子光源高相干性、高度阵列化与规模化制备需求，开展规模化量子点超晶格构筑方法及光物理调控研究。通过发展前驱体化学结构设计方法，建立量子点超晶格的规模化构筑机制、结构调控规律与大面积薄膜制备工艺，实现量子点空间位置、阵列周期及超晶格对称性的高精度可控制备，并验证大面积量子点超晶格的长程耦合与光生激子长程离域，从而提升光源的相干性、亮度以及光子全同性。

考核指标：

建立量子点超晶格规模化组装的理论框架，形成可指导材料设计、阵列构筑与结构调控的基本原理。实现本策略材料超过 1 公斤 的合成验证；完成不少于 5 种化学组成量子点阵列的制备验证，并实现 3 种以上纳米阵列对称性类型的可控制备。基于超过 1 万个量子点间距样本的统计分析，间距波动率控制在 10% 以内；通过 10 批次以上重复制备验证，晶格阵列间距的批次波动控制在 10% 以内。量子点发光线宽

≤ 50 meV, 离域激子生成初期类能带输运时间 ≥ 1 ps, 扩散系数 ≥ 100 cm²/s, 扩散长度 ≥ 50 nm。

D-9 指南名称：光激发量子材料非平衡准粒子动力学及光电器件功能关联研究

指南内容：

面向量子材料与光电器件中光激发非平衡准粒子演化机制不清、微观动力学过程与器件功能输出难以关联的关键问题，发展可调谐光激发下的多谱段超快动力学表征与原位器件关联研究方法。围绕激子、自由载流子、电荷转移态、极化子、束缚态载流子和集体激发等关键准粒子，研究其在飞秒至纳秒时间尺度内的产生、转化、迁移、复合与收集过程，揭示其对发光、光电流产生、载流子收集、能量损失和器件响应速度的影响机制。结合紫外至中红外可调谐泵浦、可见至近红外超快光学探测、太赫兹低频电动力学探测及工作状态器件原位测量，建立非平衡准粒子演化与器件功能响应之间的定量关联模型，形成面向材料设计、界面调控和器件性能瓶颈诊断的共性方法。

考核指标：

实现紫外、可见、近红外至中红外波段（210 - 16000 nm）可调谐泵浦激发，可见至近红外波段（300 - 1600 nm）超快光学探测，以及太赫兹宽带（0.2 - 10 THz）低频电动力学探测；系统时间分辨率优于 200 fs，可见光探测灵敏度优于 0.2 mOD，太赫兹有效探测带宽 ≥ 10 THz，瞬态电场

信噪比优于 10^3 , 瞬态光电导变化探测灵敏度达到 10^{-3} 量级。完成不少于 3 类光电量子材料与器件示范研究, 获得准粒子动力学、迁移率、局域化程度和弛豫路径等关键参数, 建立非平衡准粒子演化与发光、光电流、载流子收集和响应速度之间的关联模型。

D-10 指南名称: 光镊中长程相互作用系统的少体动力学

指南内容:

本项目围绕光镊中可控长程相互作用少体系统的非平衡动力学, 重点研究离子-原子、强偶极原子及超冷分子等体系中由长程相互作用和外场调控共同决定的束缚态、散射共振与量子关联演化。项目拟发展适用于 2 ~ 6 个粒子的高精度少体理论与光镊实验方案, 研究阱诱导共振、磁场/微波场调控、维度渡越、相互作用淬灭和飞行时间膨胀等动力学过程, 建立从可解析少体模型到实验可观测量的系统联系, 为长程相互作用量子模拟和可编程量子器件提供基础物理支撑。

考核指标:

建立光镊长程相互作用少体动力学理论框架, 完成 2 ~ 6 粒子离子-原子、强偶极原子或分子体系中的关键物理量(如能谱、关联函数、共振位置)的计算, 并提出可与实验直接对比的判据; 开发可复现的少体计算程序和参数表; 在至少一种光镊平台实现 2 粒子或以上的少体样品制备; 样

品温度 $<20\ \mu\text{K}$ ，光镊势阱深度 $>1\ \text{mK}$ ，径向和轴向势阱频率分别大于 $50\ \text{kHz}$ 和 $5\ \text{kHz}$ 。实现单粒子探测保真度 $>90\%$ ，探测时间 $<20\ \mu\text{s}$ 。完成光镊调制谱、飞行时间膨胀或损失动力学中至少一类信号测量。在偶极相互作用系统光镊体系中，实现不低于 $1000\ \text{V/cm}$ 的电场对场关联多体束缚态的调控；在离子-原子光镊体系中，实现高于 $500\ \text{G}$ 的偏置磁场调控。

一般项目

鼓励原始创新，可开展探索性及跨学科研究，主要聚焦量子核心技术研发、原子分子光学量子物性与技术及功能量子芯片三个方向。在关键核心技术方面，重点支持极低温测控技术、深紫外/太赫兹波段的精密光谱技术、高精度材料制备技术等前沿装置的研发，突破测量分辨率、成像极限与环境控制瓶颈，推动关键核心技术自主可控；在原子分子光学量子物性与技术方面，围绕超冷原子物性与调控技术、光与物质/电子相互作用、量子光源、磁光耦合效应等四个方向开展探索性研究，聚焦拓扑物态与非平衡物理、光与物质强耦合超快动力学机制，以及多光子纠缠量子光源与相控阵集成光学芯片的研制；在功能量子芯片方面，支持大规模集成光量子芯片研发、多物理场调控、可编程光量子集成器件及薄膜非线性光源器件研究，融合物理建模与深度学习探索新型机制，推动量子科技产品化、集成化与实用化进程。